

УДК 621.396

М.Ю. Яковлев¹, Є.В. Рижов¹, Т.А. Кравченко²¹ Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

УТОЧНЕНИЙ КОМПЛЕКС ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

У статті розроблено основні вимоги до показників ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Сформовано й обґрунтовано уточнений комплекс показників ефективності, критерій і узагальнений показник ефективності, що використовуються при оцінюванні ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ.

Ключові слова: ефективність, метрологічне обслуговування, комплекс показників, критерій, засоби зв'язку, Сухопутні війська.

Постановка проблеми

Удосконалення метрологічного забезпечення (МЗ) Збройних Сил (ЗС) України в сучасних умовах їх розвитку є одною з актуальних науково-практичних проблем [1, 2]. Особлива увага у вирішенні цієї проблеми приділяється питанням оцінювання ефективності метрологічного обслуговування (МОБ) засобів зв'язку (ЗЗ) Сухопутних військ (СВ).

Аналіз літератури

Останніми роками проведена серйозна робота за окремими питаннями вдосконалення метрологічного забезпечення та МОБ зразків озброєння та військової техніки, запропоновані достатньо ефективні методи рішення [3, 4]. Проте попередні дослідження не мали системного характеру, а вирішували часткові завдання. Аналіз робіт, присвячених методам оцінювання ефективності озброєння та військової техніки, показує, що далеко не всі вони знаходять широке застосування для ЗЗ СВ, запропоновані методики не завжди є оптимальними, оскільки не враховують специфіки експлуатації, МОБ та взаємного впливу всіх типових стратегій застосування ЗЗ СВ.

Мета статті

Розробити основні вимоги до показників ефективності МОБ ЗЗ СВ. Сформувані й обґрунтовані уточнений комплекс показників ефективності, критерій і узагальнений показник ефективності, що використовуються при оцінюванні ефективності МОБ ЗЗ СВ.

Основний матеріал

1. Оцінювання ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Ефективність МОБ об'єктів характеризує ступінь досягнення мети об'єктом МОБ в ході операції. У статті

під об'єктом МОБ розглядаються процеси забезпечення метрологічної справності ЗЗ СВ. Процеси МОБ, а також дії з досягнення необхідної якості МОБ, поєднуються терміном „метрологічні операції”. Отже, при розгляді ефективності МОБ ЗЗ СВ необхідно оцінити ефективність самих метрологічних операцій [5].

Дослідження ефективності МОБ можуть проводитися для розв'язання двох груп задач [5]:

- 1) оцінювання ефективності метрологічних операцій;
- 2) вибір оптимальних рішень.

Оцінювання ефективності метрологічних операцій передбачає формулювання мети, вибір і обґрунтування показників ефективності й обчислення їх значень для заданих умов і стратегії МОБ. Оцінювання ефективності метрологічних операцій використовується при розв'язанні наступних задач:

- встановлення стану МОБ;
- аналіз впливу факторів, що впливають на ефективність МОБ;
- виявлення внеску елементів системи МЗ в ефективність МОБ;
- пошук шляхів і способів підвищення ефективності МОБ.

Задачі оцінювання ефективності МОБ припускають додатково формування критерію ефективності МОБ, на підставі якого вибирається найкращий варіант дій особи, що приймає рішення.

Як міру ефективності операції, тобто міру ступеня відповідності реального результату операції необхідному, використовують показник ефективності. Показник ефективності формально вводиться як математичне очікування функції відповідності реальних результатів операції до її мети f_e [5]:

$$K_{умн} = M[f_e(R, R_m)], \quad (1)$$

де R – вектор параметрів результату операції;

R_m – вектор параметрів цілепокладання.

При розв'язанні задач оцінювання ефективності в області метрологічного забезпечення використовуються різні показники ефективності [3, 4, 6]. Однак зазначені показники є скалярними, тобто ефективність операції характеризується одним показником. Метрологічні операції за своєю природою є комплексні, враховуючі різні аспекти функціонування ЗЗ СВ, тому їх ефективність не може характеризуватися за допомогою одного показника ефективності. Мета метрологічних операцій досягається розв'язанням багатьох задач, ефективність кожної з яких оцінюється відповідним частковим показником, при цьому згорнути ці показники в один узагальнений вдається далеко не завжди. Тому доцільне введення векторного показника ефективності МОБ:

$$K_{y_{mi}} = \langle K_{y1}, K_{y2}, \dots, K_{yi}, \dots, K_{yN_{mo}} \rangle, \quad (2)$$

де $K_{y_{mi}}$ – частковий показник ефективності i -тої метрологічної операції, $i = 1, N_{mo}$; N_{mo} – кількість метрологічних операцій.

МОБ ЗЗ СВ можна представити як частину процесу їх експлуатації, спрямованого на досягнення глобальної мети – підтримки ЗЗ СВ у справному стані й готовності до застосування за призначенням. Тому ефективність МОБ ЗЗ СВ визначається не тільки властивостями системи МОБ, але і його корисністю для системи експлуатації ЗЗ СВ. Отже, показник ефективності МОБ СВ повинен відображати вплив МОБ на ефективність експлуатації ЗЗ СВ.

Розглянемо основні фактори, що впливають на ефективність МОБ ЗЗ СВ. На ефективність МОБ ЗЗ СВ впливає множина факторів, які можна об'єднати в три основні групи: якість сил та засобів МОБ ЗЗ СВ, тобто елементів структури системи МОБ; форми й способи їх застосування, що становлять стратегію МОБ ЗЗ СВ; умови обстановки, що обумовлені особливостями об'єктів вимірювань, системи експлуатації ЗЗ СВ і впливом зовнішніх факторів.

Для одержання показника ефективності необхідно встановити динамічний взаємозв'язок між властивостями МОБ ЗЗ СВ, способами й умовами проведення операції й метою, обумовленою системою експлуатації ЗЗ СВ.

Основними властивостями МОБ ЗЗ СВ, що найбільш впливають на його ефективність, є оперативність, інформативність, економічність і мобільність. Інформативність характеризує здатність системи МОБ одержувати досить повні відомості про стан ЗЗ СВ, оперативність – швидкість, своєчасність одержання й подання вимірювальної інформації в систему МОБ ЗЗ СВ. Економічність відображає витрати матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів на виконання операцій МОБ ЗЗ СВ. Мобільність визначає можливість передавання розмірів фізичних величин переважно на виїзді, мобільними комплексами.

Варто підкреслити, що зазначені властивості МОБ ЗЗ СВ взаємозалежні. Оперативність МОБ ЗЗ СВ залежить від його інформативності, тому що на одержання інформації необхідно певний час, а також від мобільності. У свою чергу, помилки в прийнятті рішень, обумовлені недостатністю інформації, приводять до зниження готовності ЗЗ СВ, витратам часу на проведення поглибленого контролю. Економічність МОБ ЗЗ СВ залежить від його інформативності, оперативності й мобільності, що пов'язане з витратами матеріальних і трудових ресурсів на створення відповідних технічних засобів і на їх експлуатацію.

Однак властивості МОБ ЗЗ СВ перебувають не тільки в єдності, але й у протиріччі. Поліпшенню однієї із цих властивостей неминуче перешкоджають дві інші. Співвідношення між ними не залишається незмінним, воно залежить від якості рішення завдань аналізу та синтезу системи МОБ, етапу, умов і стратегії експлуатації ЗЗ СВ.

Мірою інтенсивності прояву властивостей МОБ ЗЗ СВ є показники оперативності K_O , інформативності K_I , економічності K_E й мобільності K_M . Оперативність, інформативність, економічність й мобільність МОБ ЗЗ СВ залежать від якості засобів МОБ, стратегії їх застосування, особливостей ЗЗ СВ і технології їх експлуатації, а також від умов обстановки, протидії супротивника тощо (рис. 1):

$$\begin{aligned} K_O &= K_O(Y, S, F, V); \\ K_I &= K_I(Y, S, F, V); \\ K_E &= K_E(Y, S, F, V); \\ K_M &= K_M(Y, S, F, V), \end{aligned} \quad (3)$$

де Y – вектор показників якості засобів МОБ; S – вектор показників, що характеризують стратегію МОБ; F – вектор показників інтенсивності чинників, що впливають; V – вектор показників властивостей ЗЗ СВ.

Вектор параметрів результату МОБ ЗЗ СВ представимо у вигляді

$$R = \langle K_O, K_I, K_E, K_M \rangle \quad (4)$$

Вектор параметрів цілепокладання R_m визначається необхідними значеннями показників оперативності K_O^o , інформативності K_I^o , економічності K_E^o й мобільності K_M^o , що задаються системою експлуатації ЗЗ СВ:

$$R_m = \langle K_O^o, K_I^o, K_E^o, K_M^o \rangle. \quad (5)$$

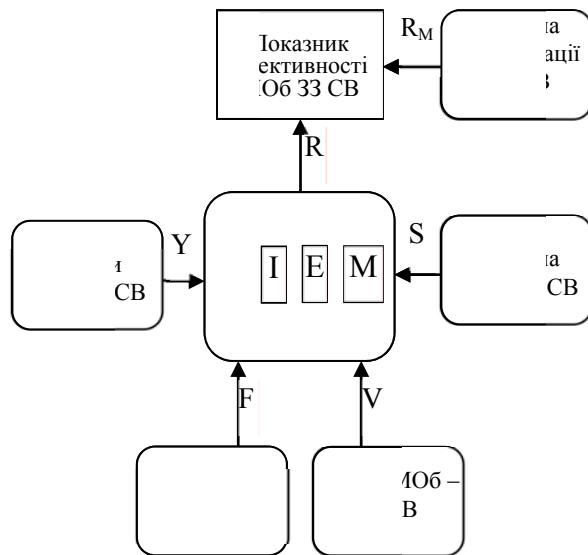


Рис. 1. Чинники, що впливають на ефективність МОБ 33 СВ

Для одержання узагальненого показника ефективності МОБ 33 СВ у вигляді (2) необхідно:

- сформулювати мету МОБ 33 СВ, визначити вектор параметрів цілепокладання R_m , задати його кількісні характеристики;
- установити основні властивості засобів МОБ Y , що впливають на ефективність МОБ 33 СВ;
- задати тип і параметри стратегії МОБ 33 СВ S ;
- визначити основні властивості 33 СВ й технології їх експлуатації V , що впливають на ефективність МОБ 33 СВ;
- виявити фактори F , що впливають на систему МОБ;
- установити залежність показників оперативності, інформативності, економічності й мобільності МОБ 33 СВ від показників властивостей засобів МОБ 33 СВ, характеристик 33 і технології їх експлуатації, параметрів стратегії їх застосування і чинників, що впливають;
- визначити характер залежності результатів R МОБ 33 СВ від показників оперативності, інформативності, економічності й мобільності;
- вибрати функцію відповідності f_e результатів R операції до мети R_m і одержати співвідношення для показника ефективності $K_{умн}$.

Наявність узагальненого показника ефективності МОБ 33 СВ, а також формування критерію ефективності для вибору найкращої стратегії МОБ 33 СВ є необхідною умовою успішного вирішення завдання оцінювання ефективності МОБ 33 СВ.

2. Визначення вимог до показників ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Відповідно до принципу досягнення максимального ефекту під час визначення кількісних вимог до показників ефективності МОБ 33 СВ необхідно досягти найвищої ефективності МОБ 33 СВ. Розглянута задача може бути сформульована як задача математичного програмування:

$$K_O^o, K_I^o, K_E^o, K_M^o : \max K_{умн}(K_O, K_I, K_E, K_M),$$

$$K_O \in K_O^{np}, K_I \in K_I^{np}, K_E \in K_E^{np},$$

$$K_M \in K_M^{np}. \quad (6)$$

В якості цільової функції використовується показник ефективності МОБ 33 СВ $K_{умн}$; змінними параметрами є показники його властивостей – оперативності K_O , інформативності K_I , економічності K_E й мобільності K_M ; область припустимих значень параметрів оптимізації характеризується значеннями $K_O^{np}, K_I^{np}, K_E^{np}, K_M^{np}$; оптимальному значенню відповідають $K_O^o, K_I^o, K_E^o, K_M^o$.

Однак параметри K_O, K_I, K_E, K_M не є незалежними. Крім того, не менш важним є те, що розглянута система МОБ призначена для реалізації на вже існуючих об'єктах 33 СВ зі сформованою системою їх експлуатації. Ця обставина є визначальною для значної кількості показників, вони задаються вимогами метасистеми й не можуть бути змінними. Для одержання більш точного й повного виразу для оцінювання ефективності МОБ 33 СВ необхідно використовувати модель МОБ 33 СВ, що враховувала б всі можливі показники, які характеризують ефективність МОБ 33 СВ, різні режими їх експлуатації з урахуванням впливу зовнішніх факторів. Побудова такої моделі ускладнена рядом причин:

1. Надмірна складність моделі МОБ 33 СВ через велику кількість показників ефективності МОБ.
2. Різноманітність фізичних величин, що описують різні показники ефективності МОБ 33 СВ.
3. Взаємна залежність окремих показників ефективності МОБ 33 СВ.

Перелічені вище обмеження унеможливають розв'язання задачі в постановці (6).

Для розв'язання задачі оцінювання ефективності МОБ 33 СВ необхідно із множини показників МОБ 33 СВ вибрати такі, які задовольняють наступним вимогам:

1. Є найбільш узагальненими.
2. Досить повно характеризують ефективність МОБ 33 СВ.
3. При даному розгляді їх можна вважати незалежними.
4. Вони не повинні бути задані вимогами метасистеми й можуть бути змінними.
5. Часткові показники ефективності МОБ 33 СВ повинні істотно впливати на узагальнений показник ефективності [6].

3. Показники ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ.

3.1. Показники оперативності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Оперативність – властивість МОБ 33 СВ, що характеризує швидкість і своєчасність одержання й подання

в систему управління метрологічним забезпеченням військ інформації про стан 33 СВ. Показник оперативності повинен відображати сумарні витрати часу на МОБ 33 СВ і їх вплив на ефективність МОБ 33 СВ. Зокрема, узагальнений показник оперативності МОБ 33 СВ представимо співвідношенням [4]

$$K_O = \frac{K_O^p}{K_O^i}, \quad (7)$$

де K_O^p , K_O^i – показники ефективності реального й ідеального за оперативністю МОБ 33 СВ відповідно. Ідеальне за оперативністю МОБ 33 СВ припускає нульові витрати часу на МОБ 33 СВ при 100% надійності 33 СВ.

Визначення узагальненого показника оперативності МОБ 33 СВ здійснюється з використанням математичної моделі експлуатації 33 СВ з МОБ. Для визначення часткових показників оперативності МОБ 33 СВ розглянемо властивість оперативності більш детально. Схема, що розкриває показники оперативності МОБ 33 СВ і їх взаємозв'язок, представлена (рис. 2).

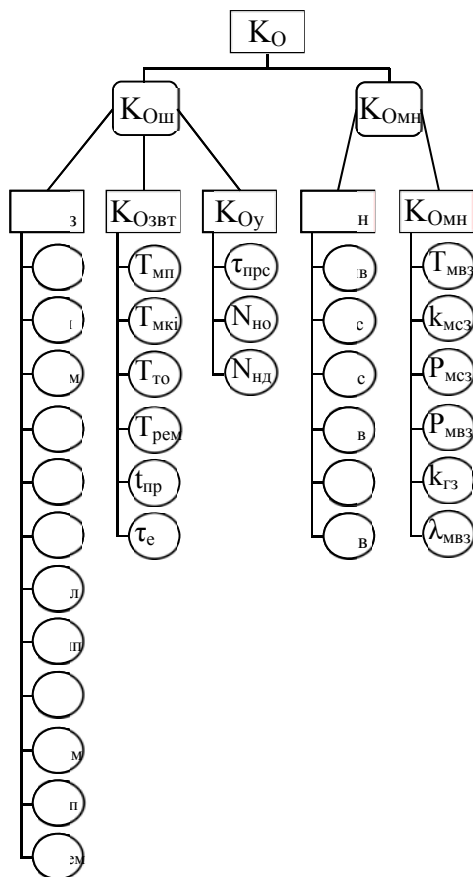


Рис. 2. Показники оперативності МОБ 33 СВ і їх взаємозв'язок

Оперативність як властивість МОБ 33 СВ, поперше, характеризується швидкодією управління $K_{Oш}$, тобто наскільки швидко буде здійснюватись МОБ 33 СВ. Цей показник залежить від наступних факторів:

1. Часових характеристик засобів МОБ $K_{Oмз}$: тривалості калібрування $\tau_{кл}$; тривалості метрологічної перевірки $\tau_{мп}$; тривалості ремонту $\tau_{рем}$; тривалості технічного обслуговування $\tau_{то}$; тривалості метрологічної атестації $\tau_{ма}$; тривалості зберігання $\tau_{зб}$; тривалості первинного калібрування $\tau_{пкл}$; тривалості первинної метрологічної перевірки $\tau_{пмп}$; тривалості транспортування $\tau_{тр}$; інтенсивності відновлення $\lambda_{рем}$; кількості 33 СВ, що обслуговуються одночасно в метрологічних частинах та підрозділах (МЧП) $N_{мп}$; кількості 33 СВ, що ремонтуються одночасно на підприємстві промисловості $N_{рем}$.

2. Часових характеристик 33 СВ $K_{Oзвт}$: інтервалів між метрологічними перевірками $T_{мпі}$; інтервалів між калібруванням $T_{мкі}$; періодичності технічного обслуговування $T_{то}$; періодичності ремонту $T_{рем}$; допустимого часу відсутності 33 СВ на місці експлуатації $t_{пр}$; тривалості експлуатації τ_e .

3. Показників, що характеризують якість МОБ 33 СВ $K_{Oу}$: тривалістю простою перевірного (калібрувального) та ремонтного обладнання $\tau_{прс}$; кількістю неякісно обслугованих ЗВТВП $N_{но}$; кількістю несвоєчасно доставлених на МОБ 33 СВ $N_{нд}$.

По-друге, оперативність МОБ 33 СВ залежить від показника метрологічної надійності 33 СВ $K_{Oмн}$, що, у свою чергу, визначається показниками метрологічної надійності 33 СВ $K_{Oмнт}$ і показниками метрологічної надійності засобів МОБ $K_{Oмнз}$: $T_{мв}$ – наробітком на метрологічну відмову 33 СВ; $T_{мвз}$ – наробітком на метрологічну відмову засобів МОБ; $k_{мс}$ – коефіцієнтом метрологічної справності 33 СВ; $k_{мсз}$ – коефіцієнтом метрологічної справності засобів МОБ; $P_{мс}$ – ймовірністю метрологічної справності 33 СВ; $P_{мсз}$ – ймовірністю метрологічної справності засобів МОБ; $P_{мв}$ – ймовірністю метрологічної відмови 33 СВ; $P_{мвз}$ – ймовірністю метрологічної відмови засобів МОБ; $k_г$ – коефіцієнтом готовності 33 СВ; $k_{гз}$ – коефіцієнтом готовності засобів МОБ; $\lambda_{мв}$ – інтенсивністю метрологічних відмов 33 СВ; $\lambda_{мвз}$ – інтенсивністю метрологічних відмов засобів МОБ.

Таким чином, оперативність МОБ 33 СВ характеризується узагальненим показником K_O (7), а також системою часткових показників, які досить повно характеризують оперативність МОБ 33 СВ.

3.2. Показники інформативності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Інформативність – найважливіша властивість МОБ ЗЗ СВ, що відображає його цільове призначення одержувати інформацію про ЗЗ СВ. Показники інформативності повинні характеризувати інтенсивність прояву цієї властивості й відображати ступінь корисності для системи метрологічного забезпечення військ. Зокрема, узагальнений показник інформативності представимо співвідношенням [4]

$$K_I = \frac{K_I^p}{K_I^i}, \quad (8)$$

де K_I^p , K_I^i – показники ефективності реального й ідеального за інформативністю МОБ ЗЗ СВ відповідно.

Визначення узагальненого показника інформативності МОБ ЗЗ СВ здійснюється з використанням математичної моделі експлуатації ЗЗ СВ з МОБ. Для визначення часткових показників інформативності МОБ ЗЗ СВ розглянемо властивість інформативності більш детально. Схема, що розкриває показники інформативності МОБ ЗЗ СВ і їх взаємозв'язки, представлена (рис. 3).

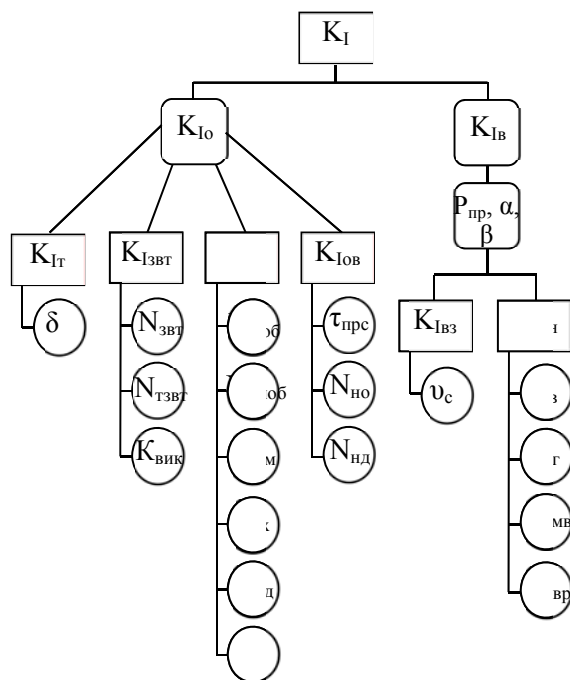


Рис. 3. Показники інформативності МОБ ЗЗ СВ і їх взаємозв'язок

Інформативність K_I МОБ ЗЗ СВ характеризується, в першу чергу, обсягом інформації K_{Io} , одержуваної в процесі їх МОБ. Обсяг інформації залежить від наступних факторів.

1. Показників точності ЗЗ СВ K_{Im} , які представлені як граничні значення відносної похибки δ .

2. Кількісних показників ЗЗ СВ, що підлягають МОБ K_{Izvt} : кількості ЗЗ СВ N_{zvt} ; кількості типів

ЗЗ СВ $N_{tзvt}$; коефіцієнта використання $k_{вик}$, що несе інформацію про ефективність використання ЗЗ СВ.

3. Кількісних показників засобів МОБ K_{Iz} : кількісні показники засобів калібрування (метрологічної перевірки) та ремонту (кількість засобів МОБ N_{mob} і їх типів N_{tmob}); характеристики МЧП (кількість робочих місць для калібрування (метрологічної перевірки) N_{pm} , інтенсивність надходження засобів МОБ в обслуговування λ_{ex} , кількість засобів МОБ, що обслуговуються одночасно в МЧП N_{od} , розряд метрологічної перевірки g).

4. Показників, що характеризують об'єкт вимірювань K_{Iov} : перелік параметрів ЗЗ СВ, що підлягають вимірюванню даним ЗЗ СВ x_{zvt} , кількість вимірюваних і контрольованих параметрів ЗЗ СВ N_{vkn} , відповідальність призначення ЗЗ СВ v .

У другу чергу інформативність характеризується вірогідністю одержуваної в процесі МОБ інформації. Як показник вірогідності МОБ ЗЗ СВ K_{Iv} виступає ймовірність P_{np} ухвалення правильного рішення за результатами МОБ, що доповнюється ймовірностями помилкового забракування α і невиявлення відмов β в процесі МОБ.

Показники вірогідності МОБ ЗЗ СВ залежать від показників точності засобів МОБ K_{Ivz} і їх стабільності v_c , а також від показників надійності ЗЗ СВ K_{Ivn} (наробіток на відмову T_v , коефіцієнт готовності k_2 , інтенсивність неметрологічних відмов λ_{nmv} , ймовірність безвідмовної роботи ЗЗ СВ $P_{обр}$ тощо).

Таким чином, інформативність МОБ ЗЗ СВ характеризується узагальненим показником K_I у відповідності до виразу (8), а також частковими показниками, які досить повно характеризують інформативність МОБ ЗЗ СВ.

3.3. Показники економічності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Економічність – властивість МОБ ЗЗ СВ, що відображає обсяг матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, що витрачаються на МОБ ЗЗ СВ.

Показник економічності повинен відображати сумарні витрати коштів у вартісному виразі на МОБ ЗЗ СВ і їх вплив на ефективність МОБ. Зокрема узагальнений показник економічності МОБ ЗЗ СВ представимо співвідношенням [4]

$$K_E = \frac{K_E^p}{K_E^i}, \quad (9)$$

де K_E^p , K_E^i – показники ефективності реального й ідеального за економічністю МОБ ЗЗ СВ відповідно.

Ідеальне за економічністю МОБ ЗЗ СВ припускає нульові витрати під час МОБ ЗЗ СВ.

Показник ефективності реального за економічністю МОБ 33 СВ визначається з виразу [8]

$$K_E = \frac{C_{овт} - C_{мз}}{C_{овт}}, \quad (10)$$

де $C_{овт}$ – витрати на створення й експлуатацію 33 СВ; $C_{мз}$ – сумарні витрати на МОБ 33 СВ.

Сумарні витрати на МОБ 33 СВ включають витрати на засоби МОБ C_3 (військові еталони, пересувні лабораторії вимірювальної техніки (ПЛВТ), перевірне устаткування, інструмент і приладдя) і вартість їх експлуатації C_e :

$$C_{мз} = C_3 + C_e. \quad (11)$$

Витрати, пов'язані із засобами МОБ, містять у собі витрати на придбання засобів МОБ $C_{зз}$ і витрати на утримування робочих місць для МОБ 33 СВ $C_{рм}$:

$$C_3 = C_{зз} + C_{рм}. \quad (12)$$

Витрати на експлуатацію складаються з витрат на обслуговування засобів МОБ 33 СВ (витрат на калібрування (метрологічну перевірку (атестацію) C_n , витрат на ремонт $C_{рем}$, витрат на технічне обслуговування $C_{то}$, витрат на заміну 33 СВ $C_{зм}$, витрат на проведення контролю стану засобів МОБ 33 СВ C_k , і витрат на організацію управління МОБ 33 СВ C_y :

$$C_e = C_n + C_{рем} + C_{то} + C_{зм} + C_k + C_y. \quad (13)$$

Таким чином, економічність МОБ 33 СВ залежить від ряду факторів (рис. 4), які можна об'єднати у дві групи – вартість засобів МОБ і витрати, пов'язані з МОБ 33 СВ. Вартість засобів МОБ 33 СВ залежить від їх точності, швидкодії, надійності, метрологічної надійності й інших показників, що визначають корисність засобів МОБ для МОБ 33 СВ. Витрати на МОБ 33 СВ залежать від технології метрологічних операцій і тривалості експлуатації засобів МОБ.

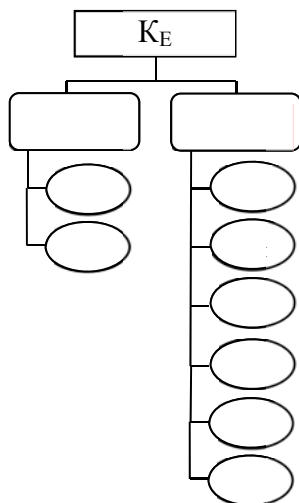


Рис. 4. Показники економічності МОБ 33 СВ і їх взаємозв'язок

Економічність МОБ 33 СВ впливає на ефективність управління метрологічним забезпеченням військ. Показники економічності можуть використовуватися як цільові функції й обмеження при розв'язанні задач аналізу та синтезу системи МОБ 33 СВ.

3.4. Показники мобільності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Мобільність – властивість МОБ 33 СВ, яка визначає можливість передавання розмірів фізичних величин переважно на виїзді мобільними комплексами.

Показники мобільності повинні характеризувати інтенсивність прояву цієї властивості й відобразити ступінь корисності для системи метрологічного забезпечення військ. Зокрема, узагальнений показник мобільності представимо формулою [4]

$$K_M = \frac{K_M^p}{K_M^i}, \quad (14)$$

де K_M^p , K_M^i – показники ефективності реального й ідеального за мобільністю МОБ 33 СВ відповідно.

Визначення узагальненого показника мобільності МОБ 33 СВ здійснюється з використанням математичної моделі експлуатації 33 СВ з МОБ. Для визначення часткових показників мобільності МОБ 33 СВ розглянемо властивість мобільності більш детально. Схема, що розкриває показники мобільності МОБ 33 СВ і їх взаємозв'язки, представлена (рис. 5).

Мобільність K_M МОБ 33 СВ характеризується, в першу чергу, ступенем мобільності $K_{Мв}$ мобільних комплексів (або ПЛВТ). Ступінь мобільності ПЛВТ залежить від наступних факторів.

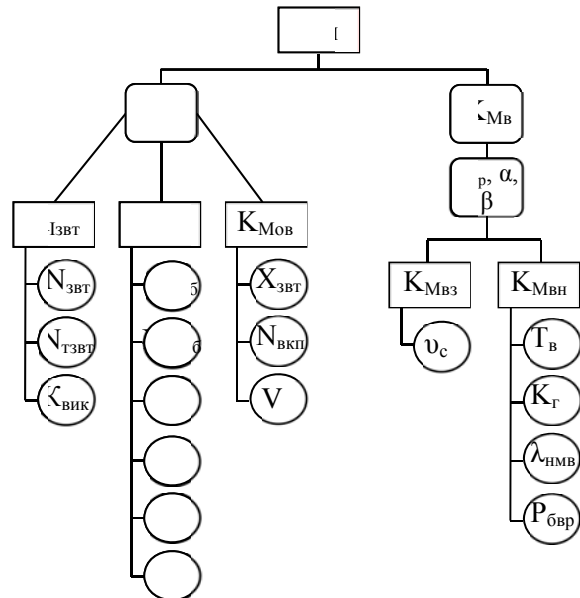


Рис. 5. Показники мобільності МОБ 33 СВ і їх взаємозв'язок

1. Кількісних показників засобів вимірювальної техніки із складу ПЛВТ $K_{Мзвт}$: кількості засобів вимірювальної техніки $N_{звт}$; кількості типів засобів

вимірювальної техніки $N_{тзвт}$; коефіцієнта використання $k_{вик}$, що несе інформацію про ефективність використання засобів вимірювальної техніки.

2. Кількісних показників ПЛВТ $K_{Мз}$: кількісні показники засобів калібрування (метрологічної перевірки) та ремонту (кількість засобів МОБ $N_{мз}$ і їхніх типів $N_{тмз}$); характеристики ПЛВТ (кількість робочих місць для калібрування (метрологічної перевірки) $N_{рм}$, інтенсивність надходження засобів вимірювальної техніки в обслуговування $\lambda_{вх}$, кількість засобів вимірювальної техніки, що обслуговуються одночасно в ПЛВТ $N_{од}$, розряд метрологічної перевірки g).

3. Показників, що характеризують об'єкт вимірювань $K_{Мов}$: перелік параметрів ЗЗ СВ, що підлягають вимірюванню даним ЗЗ СВ $x_{звт}$, кількість вимірюваних і контрольованих параметрів ЗЗ СВ $N_{вкл}$, відповідальність призначення ЗЗ СВ v .

У другу чергу мобільність характеризується вірогідністю одержуваної в процесі МОБ інформації. Як показник вірогідності МОБ ЗЗ СВ $K_{Мв}$ виступає ймовірність $P_{пр}$ ухвалення правильного рішення за результатами МОБ, що доповнюється ймовірностями помилкового бракування α і не виявлення відмов β в процесі МОБ.

Показники вірогідності МОБ ЗЗ СВ залежать від показників точності засобів МОБ $K_{Мез}$ і їх стабільності v_c , а також від показників надійності ЗЗ СВ $K_{Мен}$ (наробіток на відмову T_e , коефіцієнт готовності k_2 , інтенсивність неметрологічних відмов $\lambda_{нмв}$, імовірність безвідмовної роботи ЗЗ СВ $P_{обр}$ тощо).

Отже, мобільність МОБ ЗЗ СВ характеризується узагальненим показником K_M у відповідності до виразу (14), а також частковими показниками, які досить повно характеризують інформативність МОБ ЗЗ СВ.

Розглянуті показники оперативності, інформативності, економічності й мобільності МОБ ЗЗ СВ є уточненим комплексом показників з ієрархічною, багаторівневою структурою, об'єднаних в одну систему.

Слід відзначити, що поділ розглянутих вище показників за характером прояву властивостей МОБ ЗЗ СВ носить досить умовний характер. Ті самі показники можуть виступати як показники інформативності, мобільності, так і оперативності й економічності одночасно.

4. Критерій ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ. Із попереднього розгляду виходить, що необхідно оцінити ефективність системи МОБ ЗЗ СВ, яка дозволяє проводити МОБ заданої сукупності ЗЗ СВ з використанням штатних засобів МОБ, у встановлений

термін і з якістю, що забезпечує заданий рівень готовності ЗЗ СВ. Критерієм ефективності в даній задачі є максимальна ефективність роботи метрологічних частин та підрозділів.

Прийmemo наступні умовні позначення:

J – множина припустимих структур системи МОБ ЗЗ СВ; W – множина припустимих стратегій МОБ ЗЗ СВ; J^0 – оптимальна структура системи МОБ ЗЗ СВ; W^0 – оптимальна стратегія МОБ ЗЗ СВ; $N_{тзвт}^e$, $N_{звт}^e$, $N_{тмоб}^e$ – відповідно кількість типів ЗЗ СВ, ЗЗ СВ та типів засобів калібрування (метрологічної перевірки), що вказане в нормативно-технічній документації на методи і засоби калібрування (метрологічної перевірки); $\tau_{пр}$ – припустиме значення тривалості обслуговування ЗЗ СВ у метрологічних частинах та підрозділах; k_2^{np} – припустиме значення коефіцієнта готовності ЗЗ СВ; $\Phi_{рч}$ – річний фонд робочого часу метрологічних частин та підрозділів, обумовлений їх штатним розкладом.

У прийнятих позначеннях критерій ефективності, що використовується при оцінюванні ефективності системи МОБ ЗЗ СВ, формулюється таким чином: необхідно із множини припустимих структур J і стратегій МОБ ЗЗ СВ W вибрати такі J^0 та W^0 , щоб узагальнений показник ефективності МОБ ЗЗ СВ приймав максимальне значення, за наявності обмежень на $N_{тзвт}^e$, $N_{звт}^e$, $N_{тмоб}^e$, k_2^{np} , $\tau_{пр}$.

При цьому структура системи МОБ ЗЗ СВ J характеризується вектором часткових показників ефективності й параметрів МОБ:

$$J = \langle K_{умн}^{oc}(P_{мв}, P_{мс}, P_{мс}), K_{умн}^{npz}(k_2, T_{мв}, \lambda_{мв}), K_{умн}^{заб}(T_{мпі}, T_{мкі}), K_{умн}^{inf}(\delta, g, v_c), N_{тзвт}, N_{звт} \rangle, \quad (16)$$

а стратегія МОБ ЗЗ СВ W характеризується вектором:

$$W = \langle K_{умн}^{рм}(N_{тмз}, N_{мз}, N_{рм}), \tau_{пр}, k_2 \rangle, \quad (17)$$

де $K_{умн}^{oc}$ – показник ефективності оцінювання МН ЗВТВП; $K_{умн}^{npz}$ – показник ефективності прогнозування МН ЗВТВП; $K_{умн}^{заб}$ – показник ефективності забезпечення МН ЗВТВП; $K_{умн}^{inf}$ – показник ефективності інформаційного забезпечення процесу МОБ ЗЗ СВ; $K_{умн}^{рм}$ – показник ефективності формування робочих місць повірників.

Математичний запис критерію ефективності має вигляд:

$$J^0, W^0 : \max K_{умн}(J, W); \quad (18)$$

$$J^0 \in J, W^0 \in W;$$

$$J = \langle K_{умн}^{оц} (P_{мв}, P_{мс}, P_{мс}), K_{умн}^{прз} (k_2, T_{мв}, \lambda_{мв}), \\ K_{умн}^{заб} (T_{мпі}, T_{мкі}), K_{умн}^{інф} (\delta, g, v_c), N_{тзвт}, N_{звт} \rangle, \\ W = \langle K_{умн}^{рм} (N_{тмз}, N_{мз}, N_{рм}), \tau_{пр}, k_2 \rangle,$$

при обмеженнях:

1) всі 33 СВ мають бути обслужені:

$$N_{тзвт} > N_{тзвт}^6, N_{звт} > N_{звт}^6; \quad (19)$$

2) перелік засобів МОБ визначається вимогами нормативно-технічної документації на методи і засоби калібрування (метрологічної перевірки) 33 СВ:

$$N_{тмз} \in N_{тмз}^6; \quad (20)$$

3) якість обслуговування 33 СВ має бути не нижче необхідної:

$$k_2 > k_2^{np}; \quad (21)$$

4) час обслуговування кожного 33 СВ не має перевищувати припустимого значення:

$$\tau_{об} > \tau_{пр}; \quad (22)$$

5) сумарний час обслуговування всіх 33 СВ не має перевищувати фонд робочого часу:

$$\sum_{i=1}^N \tau_{обі} < \Phi_{рч}, \quad i = \overline{1, N}. \quad (23)$$

5. Узагальнений показник ефективності метрологічного обслуговування засобів зв'язку Сухопутних військ та рекомендації щодо його застосування. На основі матеріалу, викладеного у пунктах 1-4, узагальнений показник ефективності МОБ 33 СВ є вектором часткових показників ефективності:

$$K_{умн} = \langle K_{умн}^{оц}, K_{умн}^{прз}, K_{умн}^{заб}, K_{умн}^{інф}, K_{умн}^{рм} \rangle. \quad (24)$$

Залежно від мети, поставленої перед розробниками системи МОБ 33 СВ, узагальнений показник може приймати різний вигляд. Розглянемо типові з них.

1. За умов обмежень матеріальних ресурсів, як узагальнений показник приймаються витрати на МОБ 33 СВ. Максимальна ефективність у цьому випадку буде досягнута при мінімумі витрат на МОБ 33 СВ.

2. При необхідності забезпечення більш високої якості МОБ 33 СВ, необхідна його ефективність буде досягнута при максимальному значенні коефіцієнта готовності 33 СВ, а витрати при цьому перейдуть у розряд обмежень.

3. У випадку, коли потрібно скоротити тривалість МОБ 33 СВ, максимальний ефект буде досягнутий

за умов мінімальної тривалості МОБ, з урахуванням обмежень на коефіцієнт готовності й витрати на МОБ.

Для сучасних метрологічних частин та підрозділів особливо актуальним буде перший з розглянутих випадків, тобто процедура оцінювання ефективності МОБ 33 СВ зводиться до розв'язання задачі у постановці (18) - (23), коли для досягнення максимальної ефективності МОБ 33 СВ необхідно досягнути мінімальних витрат на його реалізацію.

Оцінювання ефективності МОБ 33 СВ на основі показника (24) можливо шляхом зведення векторного показника до скалярного. Найбільш прийнятним методом зведення векторного показника ефективності до скалярного є метод, заснований на переведенні всіх часткових показників, крім одного (головного), у розряд обмежень [7]. У результаті скаляризації оцінювання ефективності зводиться до розв'язання задачі математичного програмування, тобто до відшукування екстремуму функції, що виражає залежність головного показника ефективності від змінних параметрів системи МОБ 33 СВ, за умов наявності обмежень на інші часткові показники ефективності [8]. Отримана система часткових показників ефективності відповідає вимогам, викладеним у пункті 2, тому, з урахуванням специфіки МОБ та експлуатації 33 СВ, найефективнішою будемо вважати таку систему, в якій кожний із часткових показників приймає оптимальне значення.

Висновки

У статті на основі проведеного аналізу відомих методів оцінювання ефективності метрологічних операцій і факторів, що впливають на ефективність МОБ 33 СВ, показано, що найбільш достовірною є оцінка ефективності на основі узагальненого векторного показника. Встановлено, що наявність узагальненого показника ефективності МОБ 33 СВ і критерію його вибору є необхідною умовою розв'язання задачі оцінювання ефективності МОБ 33 СВ. Розроблено основні вимоги до показників ефективності МОБ 33 СВ. Сформовано й обґрунтовано уточнений комплекс показників ефективності, що використовуються при оцінюванні ефективності МОБ 33 СВ. Отримано критерій і узагальнений показник ефективності МОБ 33 СВ. Як критерій ефективності МОБ 33 СВ, обрана максимальна ефективність МОБ 33 СВ, що досягається за умов мінімальних витрат на їх МОБ. **Подальшими завданнями дослідження** є розроблення математичної моделі експлуатації 33 СВ з метрологічним обслуговуванням та методики оцінювання системи МОБ 33 СВ.

Список літератури

1. Пашкевич І.Д. Основи метрологічного забезпечення у сфері оборони на сучасному етапі / І.Д. Пашкевич // Наука і оборона. – № 4. – 2007. – С. 35-39.
2. Хижняк В.В. Завдання метрологічного забезпечення військ та напрями їх виконання в умовах реформування

Збройних Сил України / В.В. Хижняк, В.Ю. Камінський // Наука і оборона. – № 2. – 2009. – С. 27-31.

3. Мостовой В.С. Показатели информативности измерительного контроля и их применение в процессе проектирования / В.С. Мостовой, А.П. Флорин // Представление, обработка и передача информации. – 1992. – С. 95-98.

4. Флорин А.П. Показатели эффективности системы метрологического обслуживания средств измерительной техники и постановка задач их оптимизации / А.П. Флорин // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 1999. – Вып. 111. – С. 45-49.

5. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. [Ред. совет: В.С. Авдуевский (пред.) и др.].

Т.3: Эффективность технических систем / [Под ред. А.И.Рембезы]. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.

6. Оценка эффективности и параметрический синтез метрологического обслуживания радиоаппаратуры. – М.: МО СССР, 1984. – 386с.

7. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества / Л.С. Гуткин. – М.: Сов. радио, 1975. – 326 с.

8. Чумаков Н.М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н.М. Чумаков, Е.И. Серебрянный. – М.: Сов. радио, 1980. – 192 с.

Рецензент: д.т.н., проф. В.М. Ванько. Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів.

Уточнённый комплекс показателей эффективности метрологического обслуживания средств связи Сухопутных войск

М.Ю. Яковлев, Е.В. Рыжов, Т.А. Кравченко

В статье разработаны основные требования к показателям эффективности метрологического обслуживания средств связи Сухопутных войск. Сформированы и обоснованы уточнённый комплекс показателей эффективности, критерий и обобщенный показатель эффективности, которые используются при оценке эффективности метрологического обслуживания средств связи Сухопутных войск.

Ключевые слова: эффективность, метрологическое обслуживание, комплекс показателей, критерий, средства связи, Сухопутные войска.

Amended complex of effectiveness parameters of Land forces communications means metrological maintenance

M. Yakovlev, Y. Ryzhov, T. Kravchenko

The article provides main requirements for the parameters of effectiveness of Land forces communications means metrological maintenance. Amended complex of effectiveness parameters, criterion, and general effectiveness parameter, used in the assessment of Land forces communications means metrological maintenance has been developed and grounded.

Keywords: effectiveness, metrological maintenance, parameters complex, communications means, Land forces.